

# Einführung in die Künstliche Intelligenz

Dr. Sebastian Rudolph

Sommersemester 2009

<http://semantic-web-grundlagen.de>

## Übungsblatt 2: Constraintprogrammierung

---

**Aufgabe 1.1** Gib Definitionen für folgende Begriffe:

1. Constraint Satisfaction Problem (CSP),
2. Constraintgraph,
3. Backtracking,
4. Kantenkonsistenz.

**Aufgabe 1.2** Wir betrachten das Färbungsproblem: Gegeben sei die in nebenstehender Abbildung gezeigte Landkarte. Jedes Land auf der Karte soll mit einer von seinem Nachbarn verschiedenen Farbe eingefärbt werden. Die Anzahl der Farben soll dabei minimal sein.



- Gib die Variablen und Wertebereiche an!
- Bilde das Problem auf einen Constraintgraphen ab!
- Welche Heuristik lässt sich hier anwenden?
- Löse das Problem unter Verwendung der Tiefensuche mit einer Heuristik bzw. Kombination von Heuristiken! Schreibe die einzelnen Schritte auf und begründe Dein Vorgehen!

**Aufgabe 1.3** Zeichne einen Constraintgraphen mit mindestens 4 Variablen, der 1-, 2- und 4-konsistent, jedoch nicht 3-konsistent ist.

**Aufgabe 1.4** Überlege, auf welche Weise ein CSP mit mehrstelligen Constraints in ein äquivalentes CSP mit höchstens zweistelligen Constraints überführt werden kann.<sup>1</sup> Erläutere dieses Vorgehen anhand des folgenden Beispiels:

---

<sup>1</sup>Tipp: die Domänen der Variablen müssen nicht ganze Zahlen sein, auch komplexere Datentypen sind möglich.

Variablen:  $X, Y, Z$   
Domänen:  $X:\{0..20\}, Y:\{0..10\}, Z:\{0..10\}$   
Constraints:  $X > Y, X > Z, X = Y * Z$

Zeichne den resultierenden Constraintgraphen nach der Umwandlung.

**Aufgabe 1.5** Betrachte das Problem, Kreuzworträtsel zu erstellen (nicht sie zu lösen). Gegeben seien:

- das übliche Gitter mit den schwarzen Feldern sowie
- ein Wörterbuch, d.h. eine Liste mit den erlaubten Wörtern.

Gib zwei Lösungsverfahren an (umgangssprachlich aber möglichst präzise):

1. als allgemeines Suchproblem. Ist es besser, Buchstaben oder Wörter einzutragen? Haben Sie eine Idee für eine Heuristik?
2. mittels Constraint Programmierung. Wie kann ein CP Programm vorgehen? Sollten die Variablen lieber Wörter oder Buchstaben sein?

Welche Formulierung ist Deiner Ansicht nach besser? Warum?

**Aufgabe 1.6** (“Freestyle”) Entwickle und implementiere einen Algorithmus zum (bestmöglichen) Lösen des Spiels “Minesweeper”. Auf welche Weise kann Constraintprogrammierung hier von Nutzen sein? Teste einige der in der Vorlesung behandelten Strategien und Optimierungen und vergleiche deren durchschnittliche Laufzeiten für zufällig generierte Spielfelder.